

熊本地震での建物被害 および 免震建物の挙動

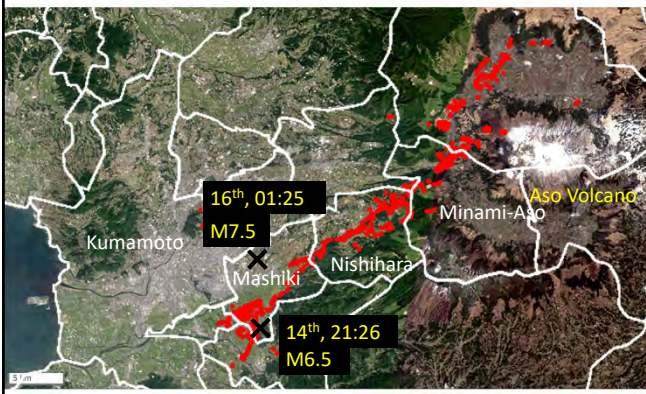
福岡大学工学部建築学科
高山 峯夫



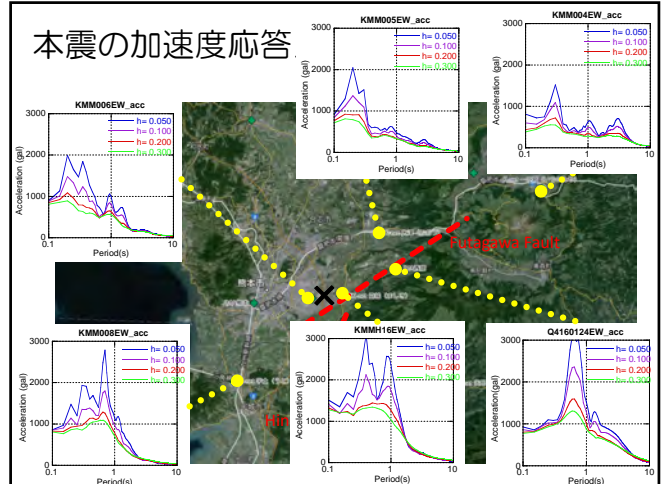
本日の講演内容

- 建築物の被害の状況
 - 2回の強震を受けた建物被害
 - 旧耐震建物の被害
 - 日本建築学会による益城町の悉皆調査
 - 文化財の被害
- 免震構造の地震時挙動

地表に現れた断層亀裂 (国土地理院)



本震の加速度応答



益城町の被害の様子



写真撮影：神野達夫 (九州大学)

本震前後の被害の違い (益城町)



木造 (一部損壊 → 全壊)

前震～本震

本震後

写真撮影：菊池健児 (大分大学)、黒木正幸 (崇城大学)

益城町の建物被害 (伝統構法の寺院本堂)



写真撮影：神野達夫 (九州大学)

本震前後の被害の違い (益城町)



比較的新しい木造
(無被害 → 全壊)

写真撮影：菊池健児 (大分大学)、黒木正幸 (崇城大学)

本震前後の被害の違い (益城町)



写真撮影：神野達夫 (九州大学)

益城町の建物被害 (木造)



写真撮影：田中圭 (大分大学) (左上)、神野達夫 (九州大学) (右下)

益城町の建物被害 (木造)



写真撮影：田中圭 (大分大学)

本震前後の被害の違い (鉄骨造 店舗兼住宅)



写真撮影：神野達夫 (九州大学)

店舗兼住宅の被害の詳細（鉄骨造）



柱梁接合部のパネル溶接部の破断
(隅肉溶接?)



崩壊した2層部分



柱梁接合部のパネル溶接部の破断

写真撮影：松尾真太郎（九州大学）

益城町の建物被害（鉄骨造 共同住宅）

- 建物概要：2階建て鉄骨造
- 構造形式：日の字柱とH形鋼梁のラーメン構造
- 被害概要：前震後はブロック塀の倒壊
本震後は1層の層崩壊



前震～本震



本震後

写真撮影：島津勝（崇城大）（左）、李麗（熊本県立大）（右）

共同住宅の被害の詳細（鉄骨造）



1階柱頭部の破壊
(日の字柱、弱軸曲げ)



角溶接部破断

局部座屈

柱梁接合部



間柱同士をつなぐ梁材

写真撮影：松尾真太郎（九州大学）

益城町の建物被害（RC造 住宅兼診療所）



- 地上3階建て
(3階部分は増築・他構造種別の可能性あり)
建設時期不明
- 1階ピロティ階層崩壊
- 柱主筋・帯筋は丸鋼



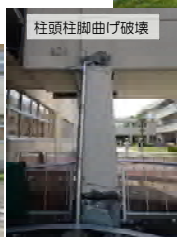
写真撮影：蛭川利彦（九州大学）

益城町の建物被害（RC造 学校）

- 地上2階建て、地上3階建て
- 渡り廊下で接続
- 1981年築、増築年不明
- 渡り廊下（2棟）が大きく傾斜



渡り廊下の傾斜



柱頭柱脚曲げ破壊



1階柱脚部拡大

写真撮影：田中照久（福岡大学）

益城町の建物被害（RC造 庁舎）

- 地上3階建て（1980年築）
- 小破
- 地盤変状
- 渡り廊下二次壁せん断破壊

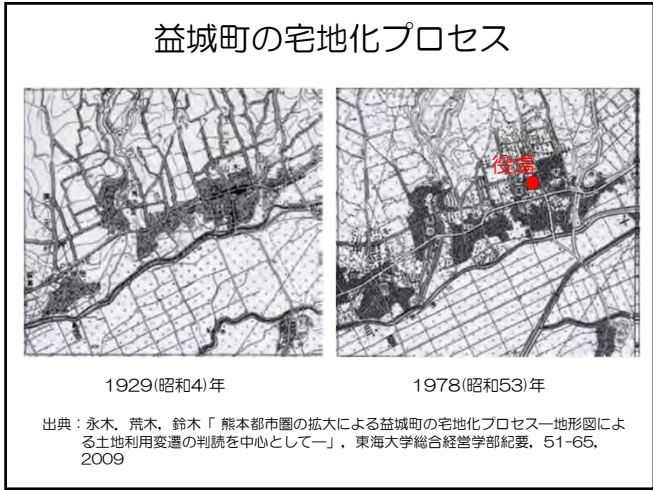
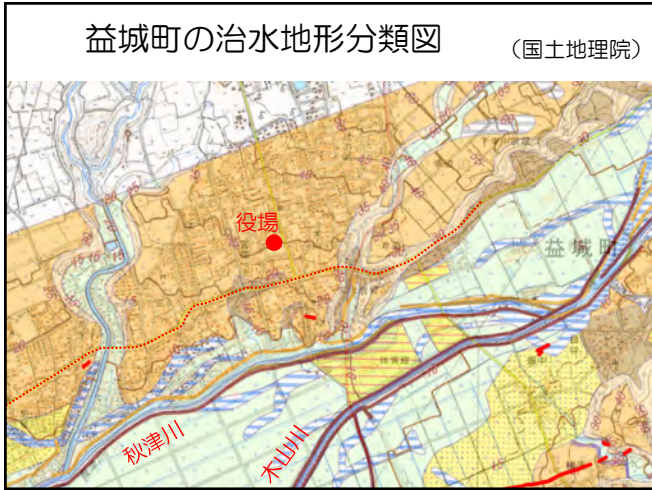
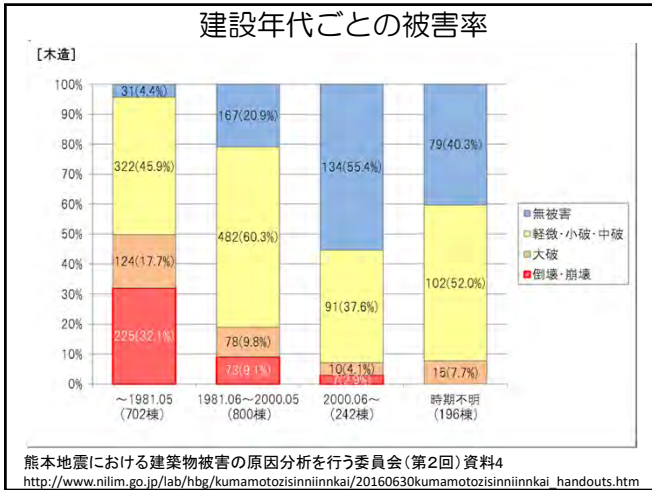
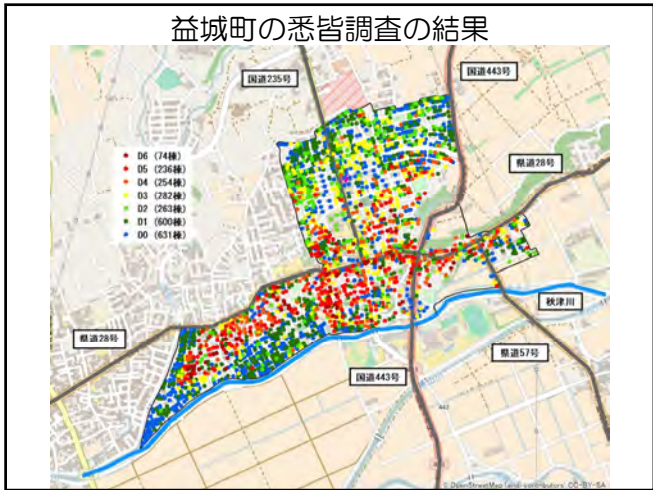


南側外付けフレーム脚部付近の地盤変状



渡り廊下二次壁せん断破壊

写真撮影：田中照久（福岡大学）（右上）、花井伸明（九州産業大学）（下）

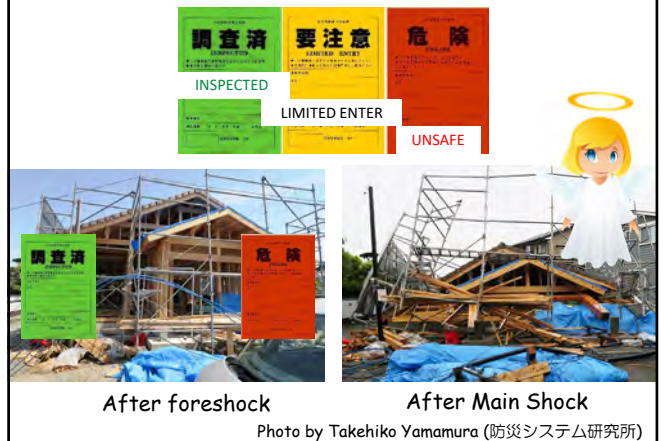


地震から7年経った益城町の様子



- 新しい住宅も建っているものの、空き地が目立つ
- 益城町中心部の復興計画がようやく実施されようとしている

応急危険度判定が実施されていたら...



建築物の耐震性について

- 益城町で木造住宅の被害が甚大
- その要因としては、
 - 震度7の地震が連続して発生
 - 建築基準法の地震動を超える大きな入力地震動
 - 古い木造住宅が多かった（耐震性不足）
 - 地盤特性？ 断層運動に伴うズレによる被害？
- 2000年以降に建設された木造住宅の半数以上が無被害（倒壊率は約3%、大破以上の被害でも7%）
- 複数回の強震動をうけることを耐震設計で想定すべきか？

南阿蘇村の建物被害



写真撮影：高山肇夫（福岡大学）

南阿蘇村の建物被害



写真撮影：高山肇夫（福岡大学）

東海大学1号館と震災ミュージアム



熊本市東区の建物被害（鉄骨造 工場＋共同住宅）

- 建物概要：2階建て鉄骨造
- 構造形式：H形鋼柱とH形鋼梁のラーメン構造



写真撮影：岩下勉（有明高専）

熊本市中央区の建物被害（RC造 事務所）

- 昭和40年代前半建設（聞き取り）
- 1階ピロティ階層崩壊



写真撮影：吉岡智和（九州大学）

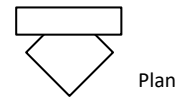
マンションの1階層崩壊
1974年

SRC造マンション
1990年代

4階建て事務所
中柱のせん断破壊



宇土市役所の庁舎の被害



写真撮影：高山肇夫（福岡大学）



新しい宇土市役所



RC建物と木造建物の被害

国土交通省「熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会」

- RC造建築物で倒壊・崩壊した11棟すべてが旧耐震であり、現行の建築基準を満たすもので倒壊・崩壊に至った建築物はない
- 益城町中心部における新耐震以降で倒壊した木造住宅について、調査対象70棟のうち51棟（約7割）で接合仕様が不十分であった
- 柱脚柱頭の接合仕様を確認した94棟のうち、90棟は現行基準の接合仕様を満たしていなかった可能性がある
- 接合部仕様が不十分であったために、地震動により接合部が先行して破壊、耐力壁が有効に機能しなかった

古い建物の耐震補強の推進

- 建物被害は特に古い木造住宅・アパートに集中していた
- 被害を軽減するためには、耐震補強をさらにすすめていく必要がある
- 市庁舎のように災害時に拠点となるような施設も大きな被害を受けた
- 建物の用途によっては、より高い耐震性能を持たせるか、免震構造として設計すべきである

阿蘇神社の被害



写真撮影：田中圭（大分大学）（右）

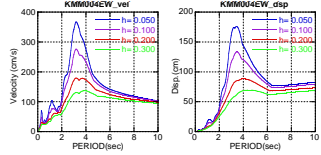
阿蘇神社の被害

本殿



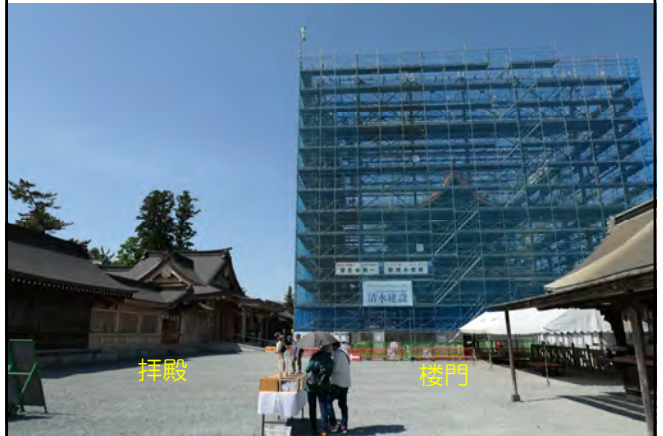
- 国指定重要文化財の楼門と拝殿が倒壊。
- 重文の神殿3棟や社務所、周囲の住宅に外観から目立った被害は確認されない。
- 上部が極端に重く、剛性が低い建物が長周期震動で選択的に被災か？

K-NET-の宮（阿蘇神社から約1.5km）



加速度波形データはK-NETによる。関係各位に感謝の意を表す。
写真撮影：田中圭（大分大学）、応答スペクトル：高山峰夫（福岡大学）

阿蘇神社の復旧状況



江藤家住宅（国指定重要文化財）

西原村宮山地区 八王神社（文化財未指定）

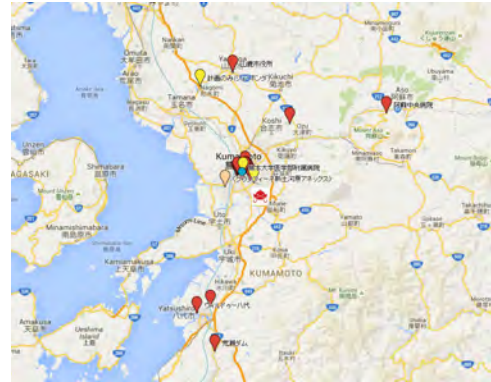


熊本市 古町・新町地区（熊本市指定 景観形成建造物・景観重要建造物）

伝統的構造物にも大きな被害

- 熊本城の天守閣は瓦が落下し、土台の石垣も壊れるなど大きな被害がでた
- しかし、400年前につくられた宇土櫓は生き残った
- 熊本城の石垣は50カ所以上で崩壊している
- 阿蘇神社は、おそらく長周期地震動による共振によって倒壊した可能性が高い
- 文化的価値のある伝統的建造物をどのように維持・保全していくのか
- 文化財に指定されていない建造物は修理費の公的な補助はない

免震建物の地震時挙動の調査

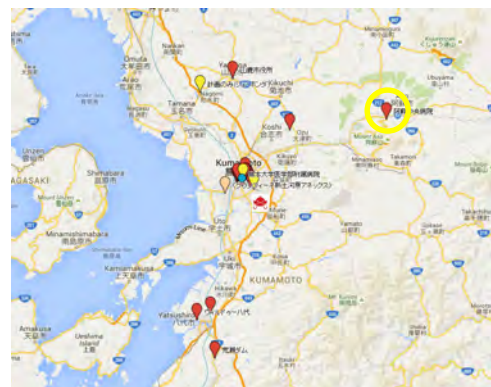


熊本県内の免震建物の位置

熊本県の免震建物の内訳

- ✓ 施工中の4棟を含め計23棟の免震建物が確認されている
- ✓ そのうち7棟は告示設計による建物

用途	共同住宅 12	病院 6	事務所・倉庫 など 5
階数	~4F 3	5F~9F 5	10F~15F 15
所在地	熊本市 19	八代市 2	その他 2



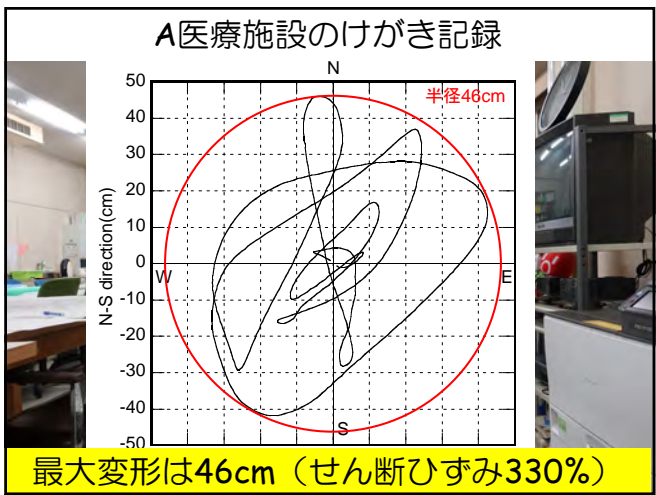
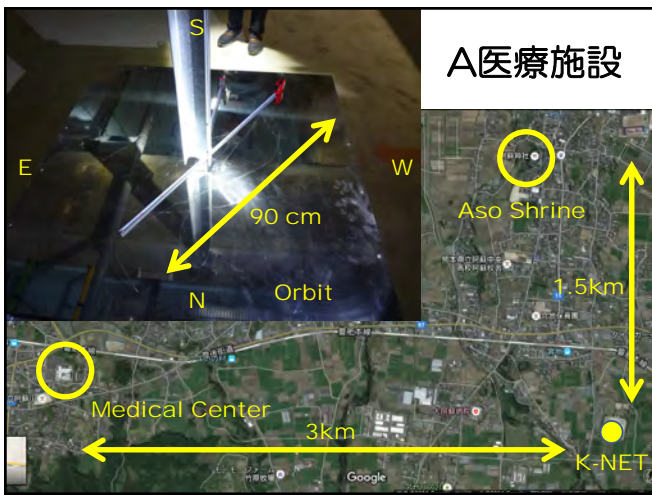
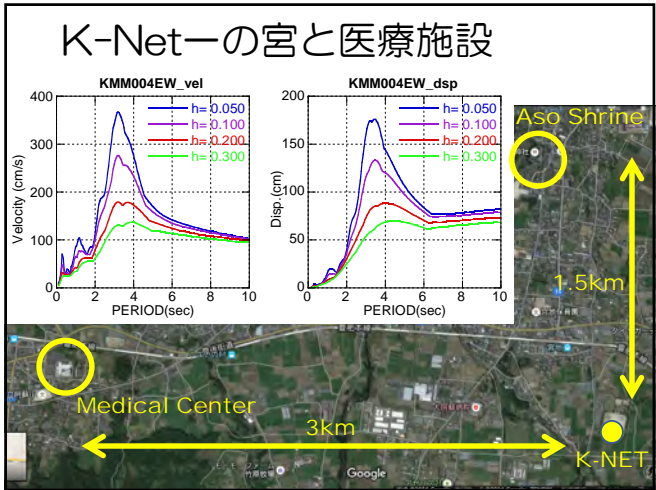
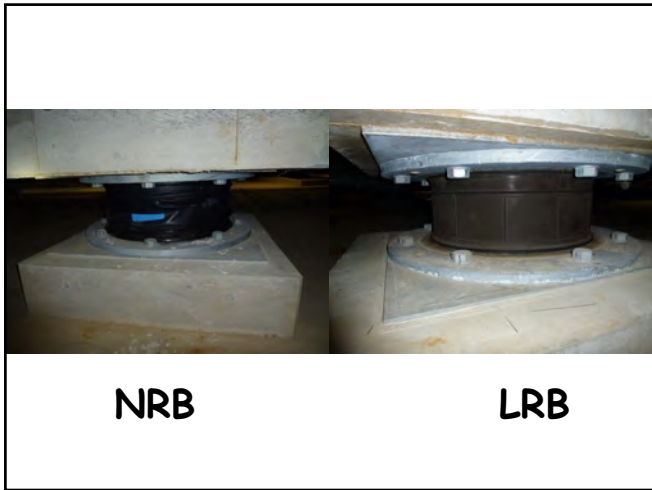
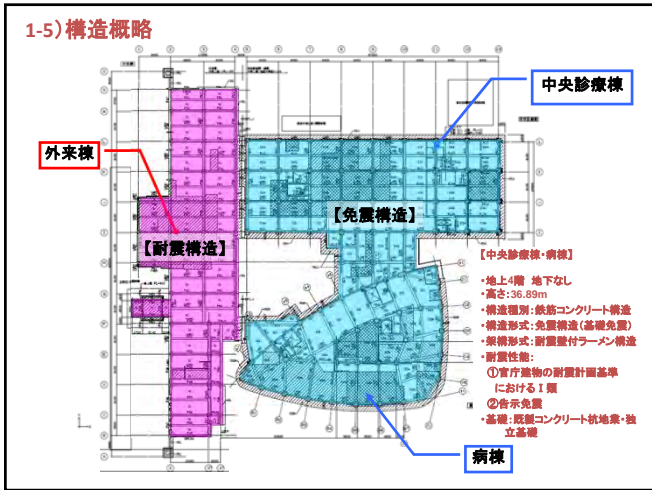
A医療施設

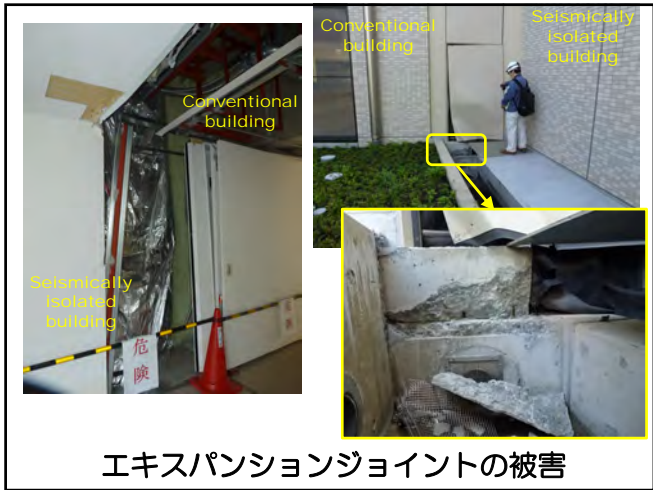


A医療施設



A医療施設

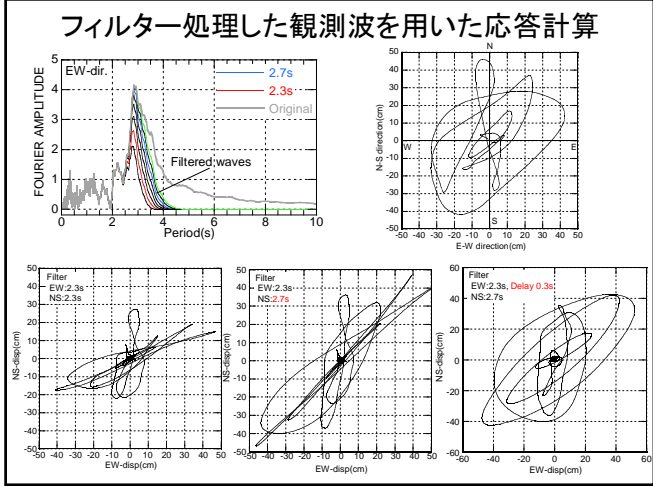
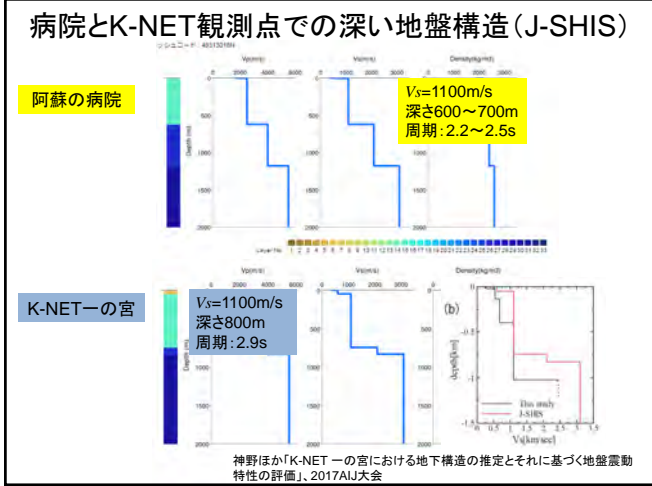
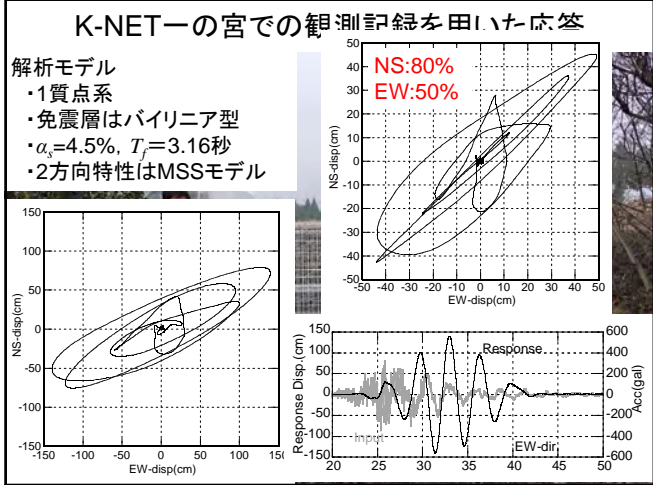


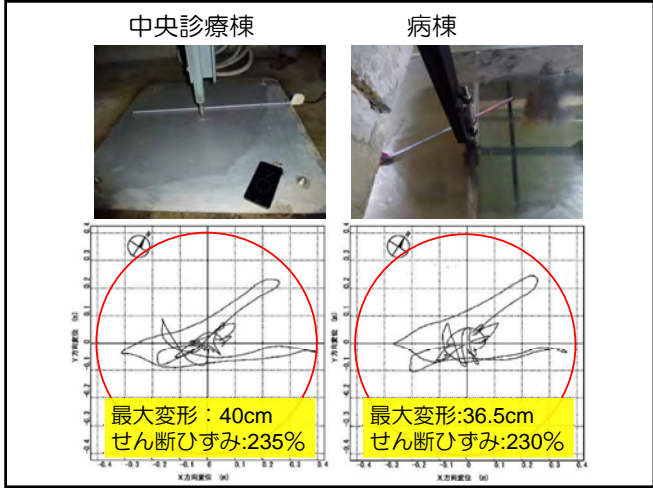
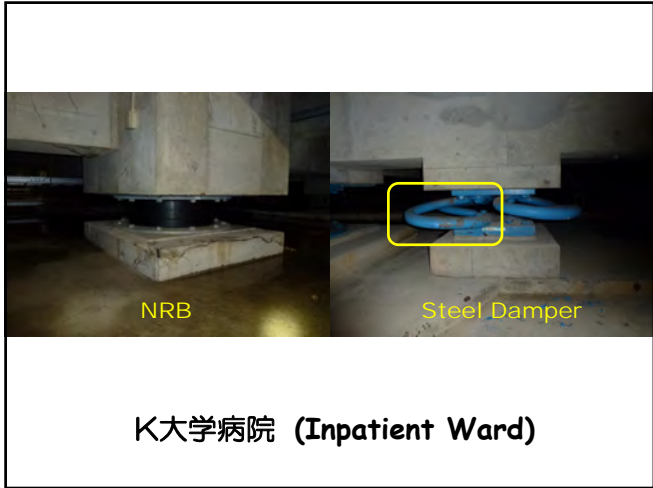
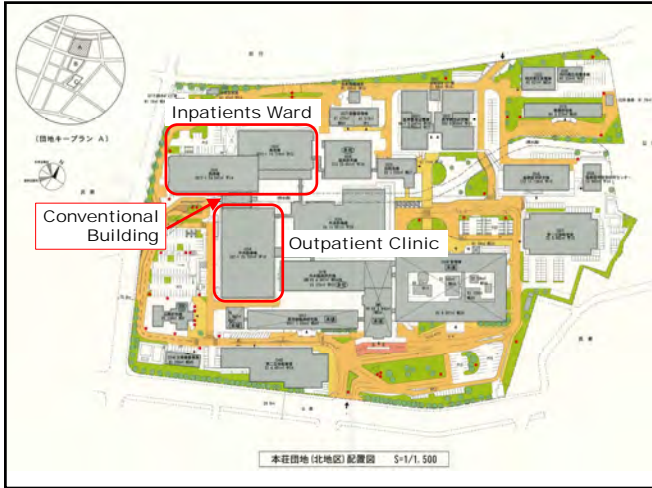
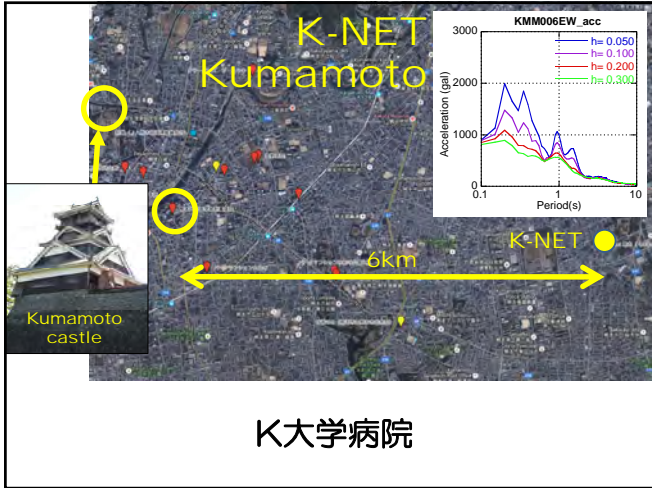


エキスパンションジョイントの被害



周囲のクリアランスカバーの損傷







After Foreshock
April 15, 2016

After Main Shock
April 29, 2016

手すりとクリアランスカバーの被害



周囲のクリアランス
カバーの被害



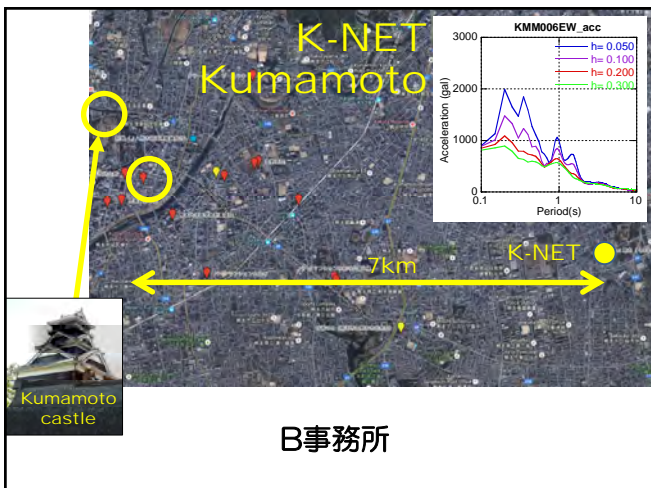
After main shock
April 29, 2016

June 22, 2016

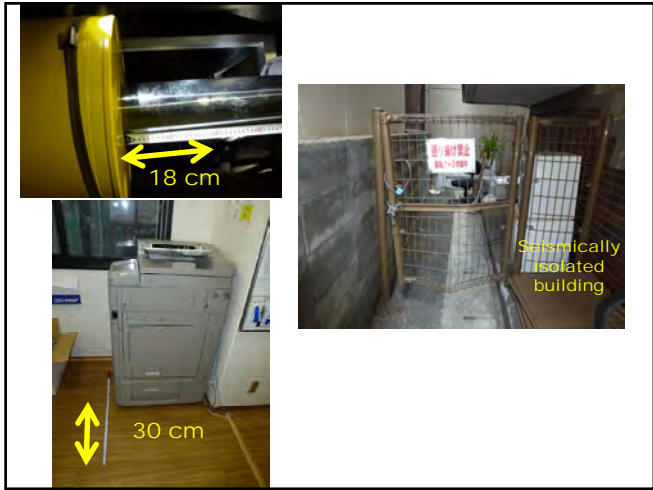
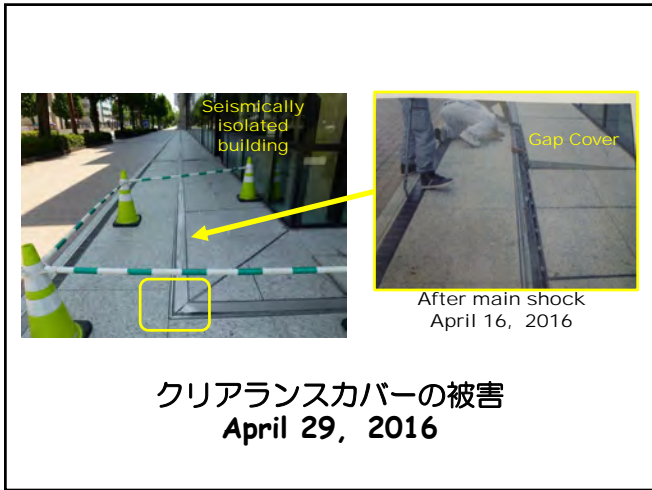
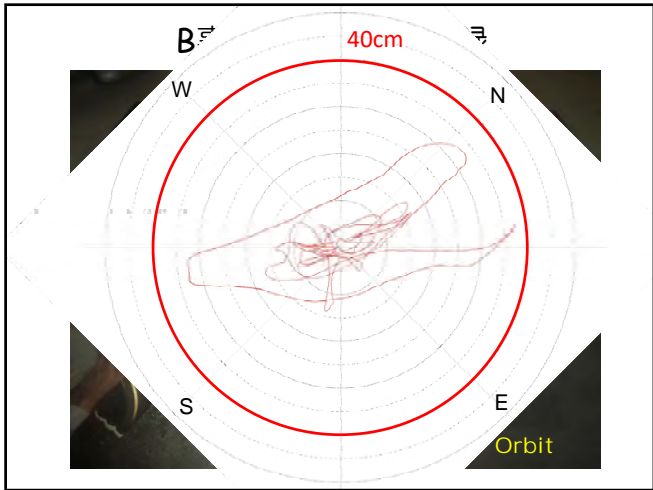
室外機の被害

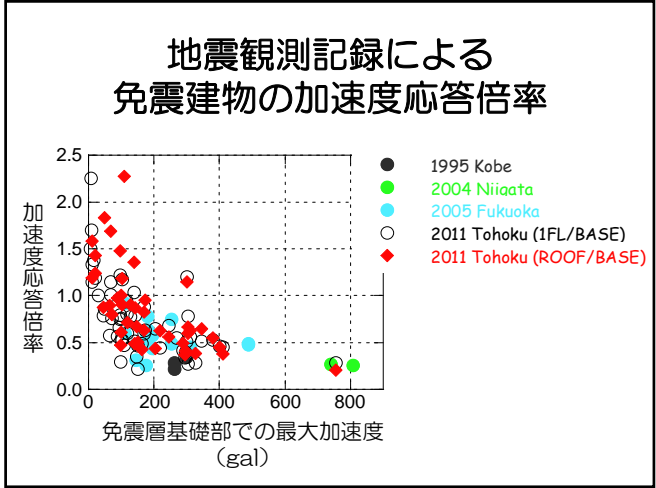
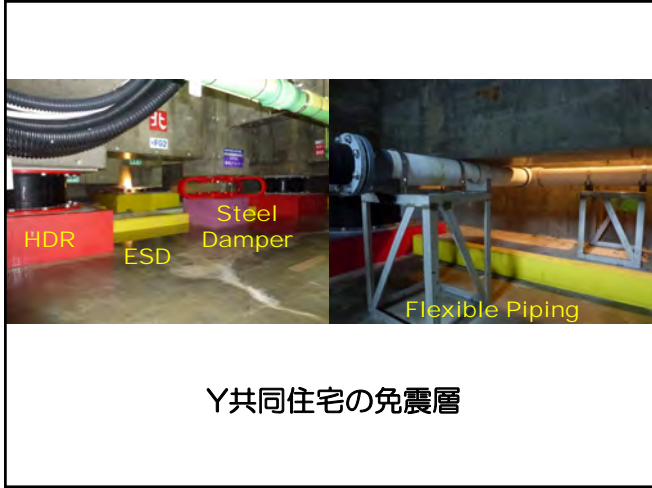
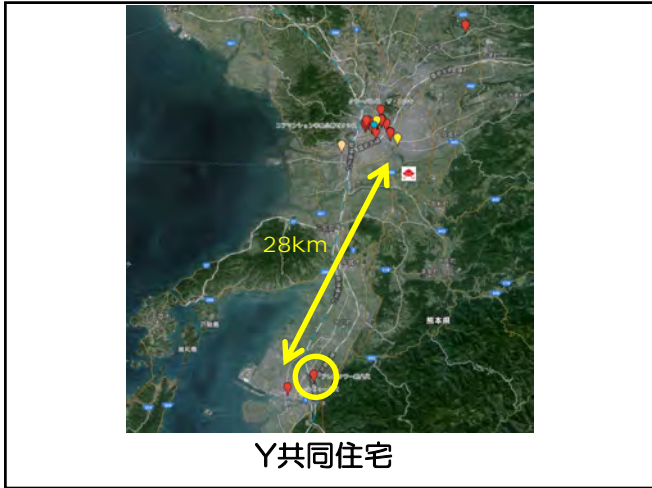


エキスパンションジョイントの被害

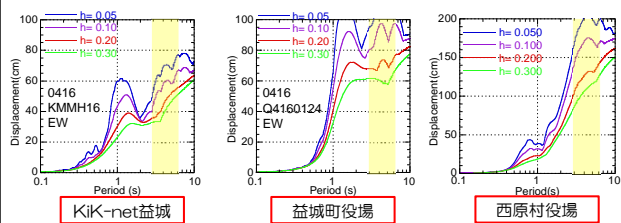


B事務所





益城町での変位応答スペクトル (本震・EW成分)



熊本地震における免震建物の挙動

- 23棟の免震建物のうち約2/3の調査を実施
- 免震建物はその効果を十分に発揮
- 病院やホテルなどは地震後も業務を継続できた
- 免震マンションの住民はインフラが復旧した段階で通常通りの生活をおくることができた
- 部屋の中は何一つ倒れず、割れなかった。免震マンションが親類の避難所になっていた
- エキスパンションジョイント部分に損傷が見られたものの、すべての所有者・居住者はその効果に大変満足

ご静聴ありがとうございました

